

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-160239

(43)Date of publication of application : 21.06.1996

(51)Int.Cl.

G02B 6/13
C08F 2/02

(21)Application number : 06-300807

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 05.12.1994

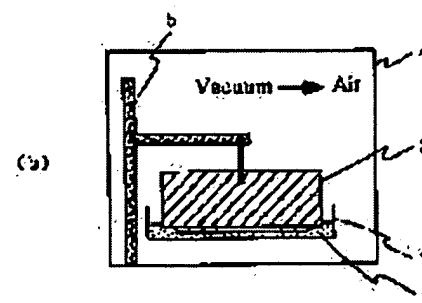
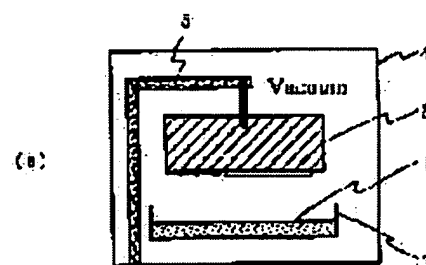
(72)Inventor : DEBITSUDO HAATO

(54) PRODUCTION OF POLYMER OPTICAL WAVEGUIDE

(57)Abstract:

PURPOSE: To exactly guide the incident light without generating crosstalk due to generation of leakage light from a core by filling a capillary of an optical waveguide with a monomer soln., which is a raw material for the core, by capillarity phenomenon, then polymerizing this monomer soln.

CONSTITUTION: A pattern substrate and plane substrate which are clamped by a jig 3 for clamping are set in a holder 5 in a vacuum chamber 4. Next, this vacuum chamber 4 is evacuated to a vacuum to effect a degassing treatment to remove the gas included in the monomer soln. 6. The jig 3 for clamping is then moved downward to immerse the substrate into the monomer soln. 6. The inside of the vacuum chamber 4 is then leaked to have the monomer soln. 6 sucked into the capillary. After the atm. pressure is restored in the vacuum chamber 4, the jig 3 for clamping is removed from the holder 5 and the monomer soln. is polymerized.



* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]After sticking a pattern surface side of a pattern substrate in which a pattern of a slot used as a capillary was formed to a planar substrate and forming a capillary by said slot, A manufacturing method of a polymer light guide characterized by making said monomer solution polymers-ize after making said capillary fill up with a monomer solution which is a raw material of a core of an optical waveguide according to capillarity.

[Claim 2]After sticking a pattern surface side of a pattern substrate in which a pattern of a slot used as a capillary was formed to a planar substrate and forming a capillary by said slot, Close one opening of said capillary and an inside of this capillary and the circumference of a monomer solution which is a raw material of a core of an optical waveguide are made into a vacuum, A manufacturing method of a polymer light guide characterized by making said monomer solution polymers-ize after making said capillary fill up with this monomer solution by dipping an opening of another side which is not closing said capillary in said monomer solution, and changing the circumference of this monomer solution from a vacuum gradually to atmospheric pressure.

[Claim 3]After sticking a pattern surface side of a pattern substrate in which a pattern of a slot used as a capillary was formed to a planar substrate and forming a capillary by said slot, A manufacturing method of a polymer light guide characterized by making said monomer solution polymers-ize after making said capillary fill up with said monomer solution by dipping one opening of said capillary in a monomer solution which is a raw material of a core of an optical waveguide, and carrying out vacuum suction of the opening of another side of said capillary.

[Translation done.]

* NOTICES *

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application]This invention relates to the manufacturing method of the polymer light guide applied to various optical devices, such as an image scanner.

[0002]

[Description of the Prior Art]The dielectric materials of the refractive index n_1 are arranged between the dielectric materials of a refractive index smaller than n_1 , and an optical waveguide is formed. Since the refractive indices of each dielectric differ when light enters into such an optical waveguide, in the inside of the dielectric of the high refractive index n_1 , the all are reflected repeatedly, and the light which entered is guided along with an optical waveguide. Thus, light spreads from one point to another point.

[0003]Optical waveguides include a planar type optical waveguide and a channel type optical waveguide. The portion (core) into which light guides a planar type optical waveguide is formed planate, and, as for the channel waveguide, the core is formed in the line. That is, as for a planar type optical waveguide, the direction of movement of light is restricted in one dimension.

On the other hand, since it can guide light even if it is patternized, as the shape of the waveguide bent the channel type optical waveguide, the direction of movement of light is restricted in two dimensions.

[0004]There are many things which used an inorganic material and organic materials in the manufacturing method of an optical waveguide. An ionic exchange process is used for changing a refractive index locally in the manufacturing method of an optical waveguide using an inorganic material. For example, the sodium ion in glass only dips the glass sheet for 330 ** and 30 minutes within the container put into the dissolved silver nitride, and is exchangeable

for a silver ion. Thus, the field which included silver has a high refractive index, and acts as a core of an optical waveguide. However, in order to manufacture an optical waveguide from an inorganic material, cost will become high for the cost of the material itself and a making process.

[0005]On the other hand, even if it uses organic materials, an optical waveguide can be manufactured, for example, there is a thing of the following principles. First, an optical waveguide is formed by removing the additive of the unexposed part which adds a photosensitive additive, makes ultraviolet rays expose there, makes it polymers-ize selectively, heats after that, and has a refractive index higher than the circumference in a polymer material. However, although the principle of this manufacturing method is easy, in order to realize a actual device, many manufacturing processes are needed.

[0006]Using the laser beam method, a reactive-ion-etching method (the RIE method), a wet etching method, etc. as a manufacturing method of other optical waveguides using organic materials, a thin film is removed selectively and there are some which form an optical waveguide.

[0007]What has a low production cost as a manufacturing method of the optical waveguide which used organic materials other than these, Electronics Letters, 1993, Vol.29, No4, pp.309-401 (Fabrication of Low Polymer Waveguides using Injection Moulding.) It is proposed by Technology. The manufacturing method of this optical waveguide performs pattern substrate production in which the pattern of the slot used as a capillary was formed by the injection molding process using a polymer material, and, thereby, manufactures a channel type polymer light guide. Since injection molding process is used for the manufacturing method of this polymer light guide, it is excellent in productivity.

It is cheap and the polymer light guide excellent in mass production nature can be provided.

[0008]The manufacturing method of this is explained using drawing 7 from drawing 5. First, production of the metallic mold for injection molding for producing the pattern substrate in which the pattern of the slot used as a capillary was formed is explained using drawing 5.

[0009]As shown [1st] in drawing 5 (a), the photoresist 21 for ultraviolet rays is applied on the silicon substrate 20. Since the thickness of the photoresist 21 serves as a tooth depth of a final pattern substrate at this time, it is set up according to the design of a pattern substrate. Here, although the silicon substrate was used as a substrate, this is because electroplating art is used at a next process, in addition should just be conductive substrates, such as an ITO board with which various things were used and the coat of the indium oxide tin was carried out on glass.

[0010]And if exposure by the ultraviolet rays 23 using the mask 22 in which the pattern of the slot was drawn is performed and this is developed as shown in drawing 5 (b), the photoresist

21 can be patterned as shown in drawing 5 (c).

[0011]Next, on the photoresist 21 patternized as mentioned above by electroplating art as shown in drawing 5 (d), Metallic materials, such as nickel and zinc, can be made to be able to electrodeposit, the metallic thin plate 24 can be formed, and the metallic mold 25 with which the pattern of photoresist as shown in drawing 5 (e) was transferred can be produced. Such a metallic mold 25 is processible using metal grinding art, if the core of a comparatively big optical waveguide is formed.

[0012]If the metallic mold 25 produced as mentioned above is used, the polymers pattern substrate 1 which consists of polymer materials, such as PMMA (polymethyl methacrylate), like drawing 6 is producible with the usual injection molding machine. the injection molding technique used here is the usual art in which it is used for manufacture of an optical disc, and can produce a pattern substrate which has a pattern of the shape of a quirk of a 6-micrometer-deep rectangle by a width of 6 micrometers using polymer materials, such as PMMA.

[0013]Subsequently, the slot 1 of the pattern substrate which was carried out in this way and produced is filled up with the polymer precursor material used as the raw material of the polymers for the cores of a waveguide, After sticking the planar substrate which consists of polymer materials, such as PMMA, so that the slot of a pattern substrate may be touched, by making it polymers-ize by UV irradiation etc., The core of the optical waveguide which consists of polymer materials, such as EGDMA (ethleneglycol dimethacrylate) by which deuterium substitution was carried out, can be formed. Then, a field with the core of the optical waveguide formed as mentioned above is pasted together to a planar substrate. Here, deuterium substitution means replacing hydrogen by heavy hydrogen.

[0014]A pattern substrate and a planar substrate, and the core of an optical waveguide, Like combination with EGDMA by which deuterium substitution was carried out to PMMA, the material in which each refractive indicees differ is used so that the direction of the refractive index of the core of an optical waveguide may become high (in the case of the combination of PMMA and EGDMA, the refractive index of EGDMA is higher than the refractive index of PMMA).

[0015]As shown in drawing 7 as mentioned above, the polymer light guide from which the planar substrate 2 serves as an upper clad, the pattern substrate 1 serves as a lower clad, and the polymer material formed in the slot of a pattern substrate serves as the core 8 can be manufactured.

[0016]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]However, as shown in drawing 8, the optical waveguide produced with the manufacturing method of the above-mentioned conventional polymer light guide will be polymers-ized after the raw material of the polymer material for cores has overflowed between the planar substrate 2 and the pattern substrate 1, and the

about 1-10-micrometer thick gap 8a will produce it. If light is entered in this optical waveguide for this gap 8a, light will be revealed to the gap 8a, it will be spread in the whole device, and it will become impossible therefore, to spread the core 8 of an optical waveguide normally. Although it is dependent on wavelength of light, a refractive index of the core of a waveguide, etc. to enter, it is usually supposed that at least 1 micrometer or less of thickness of this gap 8a is become a cause of a loss.

[0017]This invention sticks the pattern surface side of the pattern substrate in which the pattern of the slot which is made in order to solve the above technical problems, and serves as a capillary was formed to a planar substrate, and forms a capillary, In the polymer light guide in which the core which becomes the capillary from a polymer material was formed, the gap between a pattern substrate and a planar substrate is lost, and it aims at providing the manufacturing method of the polymer light guide excellent in the optical guide characteristic without disclosure of the light between each core.

[0018]

[Means for Solving the Problem]In [in order to solve an aforementioned problem] a manufacturing method of a polymer light guide at this invention, A monomer solution is made to polymers-ize, after sticking a pattern surface side of a pattern substrate in which a pattern of a slot used as a capillary was formed to a planar substrate, forming a capillary by the slot and making a capillary fill up with a monomer solution which is a raw material of a core of an optical waveguide according to capillarity.

[0019]After sticking a pattern surface side of a pattern substrate in which a pattern of a slot used as a capillary was formed in a manufacturing method of a polymer light guide in this invention to a planar substrate and forming a capillary by the slot, Close one opening of a capillary and an inside of the capillary and the circumference of a monomer solution which is a raw material of a core of an optical waveguide are made into a vacuum, An opening of another side which is not closing a capillary is dipped in a monomer solution, and after making a capillary fill up with the monomer solution by changing the circumference of the monomer solution from a vacuum gradually to atmospheric pressure, the monomer solution is made to polymers-ize.

[0020]After sticking a pattern surface side of a pattern substrate in which a pattern of a slot used as a capillary was formed in a manufacturing method of a polymer light guide in this invention to a planar substrate and forming a capillary by the slot, One opening of a capillary is dipped in a monomer solution which is a raw material of a core of an optical waveguide, and after making a capillary fill up with a monomer solution by carrying out vacuum suction of the opening of another side of the capillary, the monomer solution is made to polymers-ize.

[0021]

[Function]Since according to the manufacturing method of the polymer light guide of this

invention the monomer solution is polymers-ized after making the capillary of an optical waveguide fill up with the monomer solution used as the raw material of a core according to capillarity as mentioned above, Like the conventional thing, a monomer solution turns to the interface of a pattern substrate and a planar substrate, and a gap is not formed.

[0022]In this invention, when you make it filled up with a monomer solution to the capillary of an optical waveguide, the pressure variation using the vacuum of the inside of a capillary and the circumference of a monomer solution is used so that capillarity may be assisted.

Therefore, even when making a monomer solution fill up with the state where a comparatively long capillary and viscosity are high, it can carry out like a packer promptly.

[0023]When you make it filled up with a monomer solution to the capillary of an optical waveguide, vacuum suction of one opening of a capillary was carried out, the monomer solution was inhaled, and it has filled up with this invention to the capillary so that capillarity may be assisted.

Therefore, even when making a monomer solution fill up with the state where a comparatively long capillary and viscosity are high, it can carry out like a packer promptly.

[0024]Therefore, a gap is not formed in the boundary of a pattern substrate and a planar substrate in this invention.

Therefore, the polymer light guide which does not have a cross talk by the leak light between each core, and was excellent in the optical guide characteristic is realizable.

[0025]

[Example]Hereafter, the example of this invention is described with reference to drawings. The same numerals are used about the same component as what was explained by the Prior art. As the 1st example, when you make it filled up with a monomer solution to the capillary of an optical waveguide, the manufacturing method of the polymer light guide using the pressure variation using the vacuum of the inside of a capillary and the circumference of a monomer solution is explained so that capillarity may be assisted. In this example, DAI (diallyl isophthlate) is used as a material of the core of an optical waveguide, using PMMA (polymethyl methacrylate) as a material of a pattern substrate and a planar substrate.

[0026]Since it is producible like what was described in the Prior art, a pattern substrate is explained in detail about production of the pattern substrate in this example using drawing 5 used for explanation of a Prior art. First, as thickness forms the photoresist film 21 which is 8 micrometers on the silicon substrate 20 like drawing 5 (a), next it is shown in drawing 5 (b), a groove pattern is transferred using photolithography technique. That is, if the mask 22 is stuck to this photoresist film 21 and the ultraviolet rays 23 are exposed, the pattern of the slots 22a

and 22b of the mask 22 will be transferred by the photoresist film 21. Then, as shown in drawing 5 (c), the pattern of the slots 21a and 21b used as a capillary is formed. Here, the width of these slots 21a and 21b was also 8 micrometers.

[0027]And the solution of nickel chloride (**) is used for the surface of the patternized photoresist film, and with an electroplating method, as shown in drawing 5 (d), the 10-micrometer-thick metallic thin plate 24 made from nickel is formed in it. And the support plate which is not illustrated is pasted up on the flat surface of the opposite hand of the pattern surface side of the metallic thin plate 24 which was carried out in this way and formed using the adhesives of an epoxy base.

[0028]By using a resist removing agent and finally, dissolving the photoresist film 21, If the metallic thin plate 23 is made to separate from the silicon substrate 20, the metallic mold 25 with the pattern of the convex configuration which had the heights 25a and 25b of an usable 8-micrometer rectangle in the injection molding machine as shown in drawing 5 (e) is producible.

[0029]If the metallic mold 25 produced as mentioned above is used, the same with having mentioned above in the Prior art, it can carry out like drawing 6 and the pattern substrate 1 which had a quirk-like pattern with injection molding technique using PMMA as a polymer material can be produced. In this example, the thickness of the pattern substrate 1 was 2 mm in the place which does not have a slot. Using PMMA as a polymer material, the planar substrate shown in drawing 7 as 2 could also be produced with injection molding technique, and produced a 2-mm thing by injection molding art by this example. Here, PMMA is suitable for using for injection molding.

And it excels in an optical property.

[0030]Although thickness was 2 mm about the size of the pattern substrate 1 as above-mentioned, the length of length and width was 5 cm about the length direction of the slot, set the cross direction of the slot to 2.5 cm, and, on the other hand, set length of a planar substrate, and the horizontal length as well as the size of a pattern substrate to 5 cm x 2.5 cm.

[0031]Subsequently, the process at which the pattern substrate produced as mentioned above and a planar substrate are stuck is explained using drawing 1. As shown in drawing 1 (a), the pattern substrate 1 and the planar substrate 2 are set inside the jig 3 for a clamp, and the pattern substrate 1 and the planar substrate 2 are stuck with the jig 3 for a clamp. Then, the slot of a pattern substrate becomes cave-like and the capillaries 1a, 1b, 1c, 1d, 1e, and 1f are formed. And the inside of the 4 sides which make stick the pattern substrate 1 and the planar substrate 2, and are formed as shown in drawing 1 (b), The field equivalent to the rear face of the 3 sides except the field 10a with one capillaries [used as the admission port of a monomer / 1a-1f] opening, the sides 10b and 10c, and the space of drawing 1 which is not

illustrated is closed using the resin 11 for seals for low vacuums which consists of epoxy resins etc. It means that the opening of another side used as the admission port of a capillaries [1a-1f] monomer was also closed by this.

[0032]The jig 3 for a clamp comprises a total of six screws of the metal plates 3a and 3b which are 5 mm-thick two made from an aluminum containing alloy, and the screws 3c and 3d and the screw which is not illustrated. And without bending the pattern substrate 1 and the planar substrate 2, or making it damage, this jig 3 for a clamp fixes that circumference using six screws so that sufficient pressure to stick the pattern substrate 1 and the planar substrate 2 may be given.

[0033]When clamping the pattern substrate 1 and the planar substrate 2 with the jig 3 for a clamp, Since a highly precise optical waveguide cannot be formed if the pattern substrate 1 and the planar substrate 2 distort, it must clamp so that the pattern substrate 1 and the planar substrate 2 may not distort, and a pressure may be given uniformly.

[0034]And when dipping the pattern substrate 1 and the planar substrate 2 which were clamped in the monomer solution of the raw material of the polymers for cores in the process mentioned later, That is, when contacting a capillaries [1a-1f] open end to a monomer solution and filling up the capillaries 1a-1f with a monomer, it must arrange and the end face 10a of the pattern substrate 1 and the planar substrate 2 must be clamped so that it may become the same flat surface, so that air bubbles may not be mixed.

[0035]Although the metal plate which consists of aluminum alloys, and the thing which comprises a screw were used as a jig for a clamp in this example, In order not to be limited to this and to stick a substrate, what used the water pressure application mechanism for putting a pressure may be used, and it is suitably designed by a size, shape, etc. of a substrate.

[0036]Subsequently, the process of being filled up with the monomer solution which is a raw material of a core is explained to the capillary of that to which the pattern substrate and the planar substrate were stuck as mentioned above using drawing 2. What clamped the pattern substrate 1 and the planar substrate 2 with the jig 3 for a clamp as mentioned above is set to the holding fixture 5 in the vacuum chamber 4, as shown in drawing 2 (a). The holding fixture 5 has composition movable to a sliding direction in the jig 3 for a clamp here. The container 7 put into the monomer solution 6 of DAI which contains 5% of benzoyl peroxide in the inside of the vacuum chamber 4 is arranged so that it may be located just under the jig 3 for a clamp. If the benzoyl peroxide contained in the DAI monomer solution 6 is heated, it will act as a polymerization agent which makes the monomer of DAI polymers-ize.

[0037]Next, vacuum suction of the inside of the vacuum chamber 4 is carried out to the degree of vacuum of 10^{-4} Torr, and degassing treatment is performed until the gas contained in the monomer solution 6 of DAI is removed.

Then, the jig 3 for a clamp is moved downward using 5, and a capillaries [which were shown

by drawing 1 / 1a-1f] opening is dipped in the DAI monomer solution 6.

[0038]And since the pressure inside a capillary will become small relatively from the pressure around the DAI monomer solution 6 if vacuum chamber 4 inside is made to leak so that it may change gradually from a vacuum to atmospheric pressure, the DAI monomer solution 6 is inhaled inside a capillary. Thus, if it uses the pressure variation using a vacuum so that the effect by a capillary phenomenon may be assisted in making a comparatively long capillary fill up with a monomer, it can carry out like the packer of the monomer to a capillary.

[0039]Thus, after it fills up with the DAI monomer solution 6 in a capillary and the inside of the vacuum chamber 4 reaches atmospheric pressure, the jig 3 for a clamp is removed from the holding fixture 5, is heated at the temperature of 85 °C for 6 hours using oven, and the DAI monomer solution 6 is made to polymers-ize.

[0040]When a monomer is polymers-ized, here the polymers, Since it acts also as adhesives of the pattern substrate 1 and the planar substrate 2, even if the portion in which the optical waveguide pattern was formed serves as sufficient field (adhesion side) for adhesion and removes the jig 3 for a clamp, it becomes unnecessary to clamp the pattern substrate 1 and the planar substrate 2. What is necessary is just to make sufficient portion (adhesion side) for adhesion of a substrate contact an optical waveguide by forming the dummy pattern for adhesion in the case of a thinner optical waveguide pattern.

[0041]The surface of the polymer light guide produced as mentioned above at the last is ground with the standard grinder machine using diamond content suspension with a size of 0.5 micrometer or less, and resin for seals is removed. The polymer light guide according to this invention as mentioned above is producible.

[0042]Here, selection of the polymer material used for the manufacturing method of the polymer light guide of this invention is explained. In order to make the core of a polymer light guide 1st guide light, the refractive index of the polymer material of a pattern substrate and a planar substrate which acts as a clad must have a refractive index of a core smaller than the refractive index of a substrate.

[0043]Since influence is greatly received [2nd] in the optical property of a polymer light guide in combination with the optic etc. which are used when entering the optical coupling in the core of a polymer light guide, i.e., light, in a core or taking out emitted light from a core, this must be taken into consideration. Therefore, there is N.A. (numerical aperture) as one parameter showing the optical property of an optical waveguide. This N.A. can be calculated with the core of an optical waveguide, and the refractive index of a clad, and the refractive index of a core is expressed with a lower type when it makes the refractive index of n_{core} and a clad (substrate)

n_{clad}

[0044]

When $N.A. = (n_{\text{core}})^2 - (n_{\text{clad}})^2)^{1/2}$, for example, the optical coupling which enters light in an optical waveguide, is considered, this N.A., It becomes an index showing whether the light from the large angle like which is taken in as a light which guides the inside of an optical waveguide, and the light from such a large angle that the value is large is taken in in an optical waveguide. And since the inside of an optical waveguide is not guided, i.e., considering the optical coupling which enters light in an optical waveguide using a lens the ingredient of the light which is not taken in in an optical waveguide will arise if N.A. of a lens is larger than N.A. of an optical waveguide, A thing smaller than N.A. of an optical waveguide is used for N.A. of the lens by the side of the incidence edge of an optical waveguide. Thus, in the design of the optical system of actual optical devices, N.A. serves as an important factor.

[0045]As a polymer material used for a typical substrate, Since acrylic polymers, such as PMMA (polymethyl methacrylate) which is excellent in an optical property and is excellent also in temperature stability or chemical stability, and polycarbonate, are used well, What is necessary is just to choose the polymer material of a core with the refractive index of a core in consideration of N.A. and the refractive index of these substrate materials according to the optical property of other optics used for actual optical coupling.

[0046]Don't dissolve the polymer material which must be what can be used for a monomer material producing the core of an optical waveguide by a liquid state, and has in a substrate and is [3rd].

[0047]What a monomer polymers-izes, namely, does not produce a by-product in the case of a polymerization reaction, and reacts at low temperature (100 °C or less) comparatively is desirable.

[0048]In this example, DAI (diallyl isophthalate) was used as a material of the core of an optical waveguide in consideration of the above-mentioned point, using PMMA (polymethyl methacrylate) as a material of a pattern substrate and a planar substrate.

[0049]In the polymer light guide produced by this example, since the refractive index of PMMA polymers was 1.49 and the refractive index of DAI was 1.59, N.A. was 0.55.

[0050]Magnification entered light in the incidence edge of the core of the polymer light guide produced as mentioned above using the object lens for microscopes whose N.A. is 0.4 by 20 times, and observed the emitted light from the emitting end of the core of the polymer light guide to it. Here, since N.A. of the polymer light guide produced by this example was 0.55 as above-mentioned, in consideration of the optical coupling in an incidence edge, N.A. of the microscope aspect thing lens used the thing of 0.4. As this audit observation, what expanded the emitted light from the emitting end of one core is shown in drawing 3. The polymer light guide produced in this example so that clearly also from drawing 3, Without revealing incident light in the interface, since there is no surroundings lump of the monomer solution which serves as a raw material of the core 8 in the interface of the pattern substrate 1 and the planar

substrate 2 and a gap was not formed, only the core 8 into which incident light entered was guided good, and it was emitted only from the emitting end of the core 8.

[0051]When you make it filled up with a monomer solution to the capillary of an optical waveguide as the 2nd example unlike the 1st example of the above, vacuum suction of one opening of a capillary is carried out, a monomer solution is inhaled, it is filled up to a capillary, and a thing is explained so that capillarity may be assisted.

[0052]Production of the pattern substrate and the planar substrate was produced like the 1st example. And it clamped using the jig 3 for a clamp shown in drawing 1 to stick a pattern substrate and a planar substrate, and carried out to it like the 1st example. However, in the 1st example, after clamping a pattern substrate and a planar substrate with the jig for a clamp, the 3 sides were closed using resin for seals, but in this example, since there was no necessity, closure using resin for seals was not performed. However, closure which used resin for seals only for the sides 10b and 10c shown in drawing 1 may be carried out if needed. The same thing as the 1st example was used also about the substrate material or the monomer material.

[0053]next, the restoration to the capillary of the monomer solution which is a raw material of a core -- **** -- it explains using drawing 4. That for which the pattern substrate and the planar substrate were clamped with the jig for a clamp is dipped in the monomer solution 6 into which one opening of the capillaries 1a and 1b was put by the container 7 as shown in drawing 4, and it is **. And ***** can fill up with **** the opening of another side of the capillary which has not dipped the tip of the vacuum suction pipe 15 connected to the vacuum devices which one end does not illustrate in the monomer solution 6, and can fill up the capillaries 1a and 1b with a monomer solution. Here, if vacuum suction of the covering 16 of the product made of rubber of shape which covers the whole field which carries out vacuum suction of an optical waveguide, etc. is attached and carried out at the tip of a vacuum suction pipe as shown in drawing 4, vacuum suction of all the capillaries can be carried out simultaneously.

[0054]The monomer with which the capillary was filled up was made to polymers-ize like the 1st example of the above after this. However, in this example, since closure which used resin for seals was not performed, the optical waveguide surface-lapping process performed in the 1st example can be skipped. A polymer light guide [in / as mentioned above / the 2nd example] is producible.

[0055]Light was entered on the 1st example and the conditions using the polymer light guide produced in the 2nd example as mentioned above, and as a result of observing the emitted light emitted from the emitting end, the same audit observation as what was shown in drawing 3 like the 1st example was obtained. Namely, since there is no surroundings lump of the monomer solution which serves as a raw material of the core 8 in the interface of the pattern substrate 1 and the planar substrate 2 and a gap is not formed, Without revealing incident light in the interface, only the core 8 into which incident light entered was guided good, and it was

emitted only from the emitting end of the core 8.

[0056]In the 2nd example of the above, although explanation was omitted about the degassing process of the monomer solution used as the raw material of a core, this process is a process required in order to manufacture a highly precise optical waveguide.

[0057]In the 1st and 2nd examples of the above, a figure expresses notionally to the last and is not limited for the number of the slots on the pattern substrate, i.e., the number of capillaries, to these. A capillary which is not limited to the above-mentioned example and has not only the thing on a straight line but a curved section also about the shape of a capillary may be sufficient.

[0058]Although it was made to polymers-ize in the 1st and 2nd examples of the above by heating the monomer with which the capillary was filled up, it is not limited to this and is suitably selected by irradiating with ultraviolet rays with the monomer material to be used, such as making it polymers-ize etc.

[0059]

[Effect of the Invention]As mentioned above, since according to the invention according to claim 1 the monomer solution is polymers-ized and a polymer light guide is manufactured after making the capillary of an optical waveguide fill up with the monomer solution used as the raw material of a core according to capillarity, Like the conventional thing, a monomer solution turns to the interface of a pattern substrate and a planar substrate, and a gap is not formed. Therefore, incident light can be made to guide correctly in the interface of this substrate, without the leak light from each core occurring and producing a cross talk. The core which has a curve since a substrate is producible using injection molding technique, It can respond to the design of various shape -- it is made to unify by 1 time of the same injection molding process, and other parts for devices can be produced -- and the flexibility of a design becomes it is dramatically high and possible [realizing the optical waveguide excellent in the optical waveguide characteristic].

[0060]When you make it filled up with a monomer solution to the capillary of an optical waveguide according to claim 2 and the invention according to claim 3, Since the pressure variation using the vacuum of the inside of a capillary and the circumference of a monomer solution is used so that capillarity may be assisted, Since it can carry out like a packer promptly even when making a monomer solution fill up with the state where a comparatively long capillary and viscosity are high, the optical waveguide which was dramatically excellent in productivity is realizable.

[Translation done.]

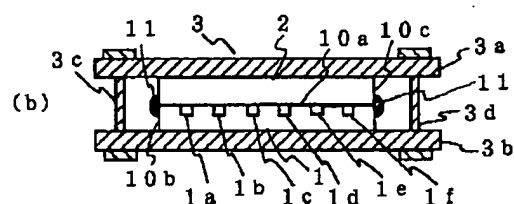
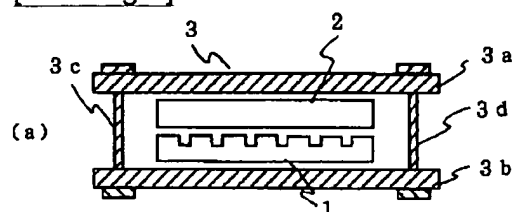
* NOTICES *

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

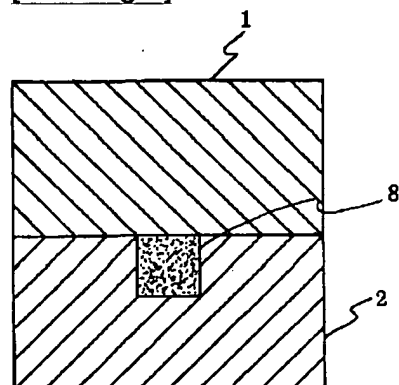
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

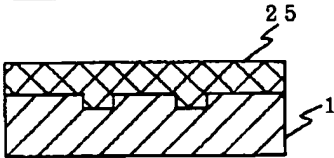
[Drawing 1]



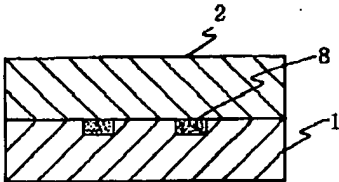
[Drawing 3]



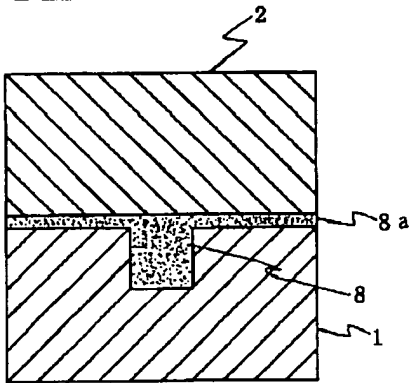
[Drawing 6]



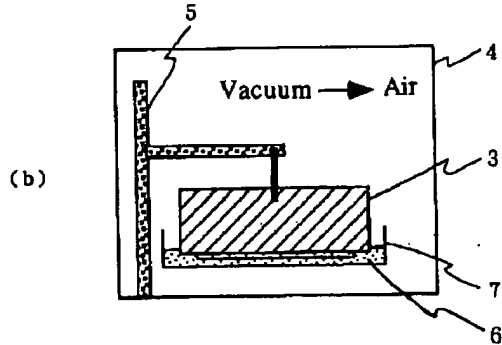
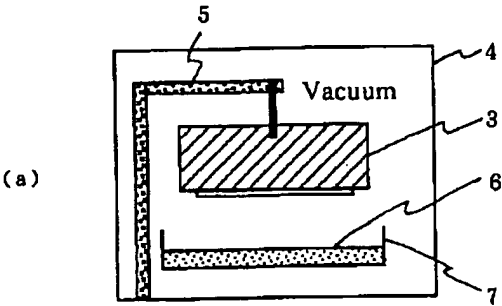
[Drawing 7]



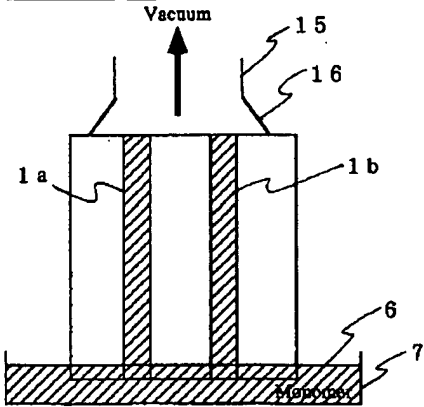
[Drawing 8]



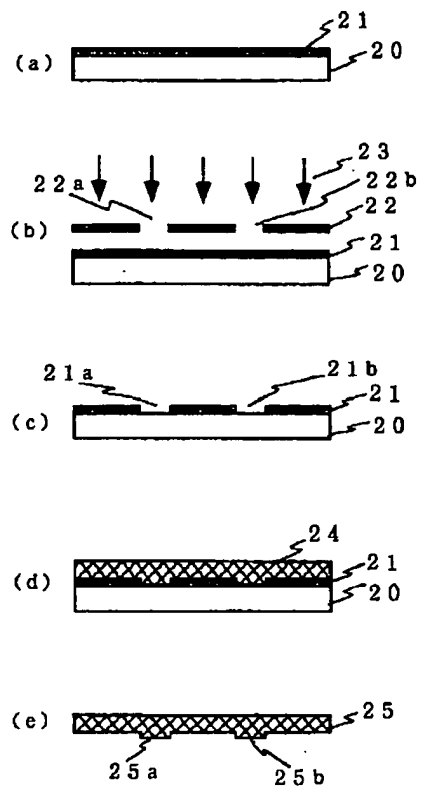
[Drawing 2]



[Drawing 4]



[Drawing 5]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-160239

(43) 公開日 平成8年(1996)6月21日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 6/13				
C 0 8 F 2/02	MAS		G 0 2 B 6/12	M

特許請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平6-300307

(22) 出願日 平成6年(1994)12月5日

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 デビッド ハート

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

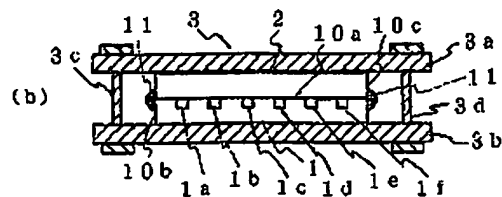
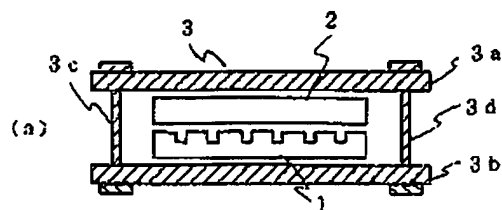
(74) 代理人 弁理士 梅田 勝

(54) 【発明の名称】 高分子光導波路の製造方法

(57) 【要約】

【目的】 基板間の間隙を無くして、各コア間における光の漏洩がない、光導波特性に優れた高分子光導波路の製造方法を提供する。

【構成】 キャピラリとなる溝のパターンが形成されたパターン基板のパターン面を平面基板に密着させてその溝によりキャピラリを形成した後、光導波路のコアの原料であるモノマ溶液6を毛細管現象によりキャピラリに充填させてから、モノマ溶液を高分子化させることを特徴とする高分子光導波路の製造方法。



(2)

特開平8-160239

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 キャピラリとなる溝のパターンが形成されたパターン基板のパターン面を平面基板に密着させて前記溝によりキャピラリを形成した後、光導波路のコアの原料であるモノマ溶液を毛細管現象により前記キャピラリに充填させてから、前記モノマ溶液を高分子化させることを特徴とする高分子光導波路の製造方法。

【請求項2】 キャピラリとなる溝のパターンが形成されたパターン基板のパターン面を平面基板に密着させて前記溝によりキャピラリを形成した後、前記キャピラリの一方の開口部を封止し、該キャピラリの内部と光導波路のコアの原料であるモノマ溶液の周囲とを真空にし、前記キャピラリの封止していない他方の開口部を前記モノマ溶液に浸し、該モノマ溶液の周囲を真空から大気圧まで徐々に変化させることにより該モノマ溶液を前記キャピラリに充填させてから、前記モノマ溶液を高分子化させることを特徴とする高分子光導波路の製造方法。

【請求項3】 キャピラリとなる溝のパターンが形成されたパターン基板のパターン面を平面基板に密着させて前記溝によりキャピラリを形成した後、前記キャピラリの一方の開口部を光導波路のコアの原料であるモノマ溶液に浸し、前記キャピラリの他方の開口部を真空引きすることにより前記モノマ溶液を前記キャピラリに充填させてから、前記モノマ溶液を高分子化させることを特徴とする高分子光導波路の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、イメージスキャナ等、様々な光学デバイスに应用される高分子光導波路の製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 光導波路は、屈折率 n_1 の誘電体材料が、 n_1 より小さい屈折率の誘電体材料の間に配置されて形成されるものである。このような光導波路に光が入射されると、それぞれの誘電体の屈折率が異なるので、入射された光は、高屈折率 n_1 の誘電体内部においてその全てが繰り返し反射され、光導波路に沿って導波される。このようにして、光は1点から別の点へ伝播される。

【0003】 光導波路には、プレーナ型光導波路とチャンネル型光導波路とがある。プレーナ型光導波路とは、光が導波する部分（コア）が平面状に形成されているもので、これに対し、チャンネル型光導波路とは、線状にコアが形成されているものである。つまり、プレーナ型光導波路は、光の進行方向が一次的に制限されるものであり、一方、チャンネル型光導波路は、導波路の形状が曲がったようにパターン化されていても光が導波できるので、二次的に光の進行方向が制限されるものである。

【0004】 また、光導波路の製造方法には、無機材料や有機材料を用いた多くのものがある。無機材料を用い

2

た光導波路の製造方法においては、局部的に屈折率を変化させるのに、イオン交換プロセスが用いられる。例えば、ガラス内のナトリウムイオンは、融解させた窒化銀が容れられた容器内で330℃、30分間ガラスシートを浸しておくだけで、銀イオンと交換することができる。このようにして銀を含ませた領域は、高い屈折率をもち、光導波路のコアとして作用する。しかしながら、無機材料から光導波路を製造するには、材料自体と作製工程のコストのため、コストが高くなってしまふ。

【0005】 一方、有機材料を用いても、光導波路を製造することができ、例えば、次のような原理のものがある。まず、高分子材料中に感光性の添加物を添加し、そこに紫外線を露光させて選択的に高分子化させ、その後、加熱して、その周囲よりも高い屈折率をもつ未露光部の添加物を除去することにより、光導波路を形成する。しかしながら、この製造方法の原理は簡単ではあるが、実際のデバイスを実現するためには、多くの製造工程を必要とする。

【0006】 有機材料を用いた他の光導波路の製造方法としては、レーザビーム法、反応性イオンエッチング法（RIE法）、湿式エッチング法等を用いて、薄膜を選択的に除去し、光導波路を形成するものもある。

【0007】 これらの他に、有機材料を用いた光導波路の製造方法として、生産コストが低いものが、Electronics Letters, 1993, Vol. 29, No. 4, pp. 309-401 (Fabrication of Low Polymer Waveguides using Injection Moulding Technology) に提案されている。この光導波路の製造方法は、キャピラリとなる溝のパターンが形成されたパターン基板作製を、高分子材料を用いた射出成形法により行い、これによりチャンネル型の高分子光導波路を製造するものである。この高分子光導波路の製造方法は、射出成形法を用いるので生産性に優れており、安価で量産性に優れた高分子光導波路を提供することができる。

【0008】 この製造方法について、図5から図7を用いて説明する。まず、キャピラリとなる溝のパターンが形成されたパターン基板を作製するための射出成形用の金型の作製について図5を用いて説明する。

【0009】 第1に、図5(a)に示すように、シリコン基板20上に、紫外線用のフォトレジスト21を塗布する。このとき、フォトレジスト21の厚さは、最終的なパターン基板の溝の深さとなるので、パターン基板の設計に応じて設定されるものである。また、ここで、基板としてシリコン基板を用いたが、これは、後の工程で電気メッキ技術を用いるからであり、この他にも種々のものが用いられ、ガラス上に酸化インジウム錫がコートされたITO基板等の導電性基板であればよい。

【0010】 それから、図5(b)に示すように、溝のパターンが描画されたマスク22を用いた紫外線23による露光を行い、これを現像すると、図5(c)に示すように、フォトレジスト21をパターンニングすることが

(3)

特開平8-160239

3

4

できる。

【0011】次に、電気メッキ技術により、図5(d)に示すように、上記のようにしてパターン化されたフォトリソスト21上に、ニッケルや亜鉛等の金属材料を電着させて金属薄板24を形成し、図5(e)に示すようなフォトリソストのパターンが転写された金型25を作製することができる。なお、このような金型25は、比較的大きな光導波路のコアを形成するものであれば、金属研削技術を用いて加工することができる。

【0012】上記のようにして作製した金型25を用い
れば、通常の射出成形機によって、図6のようにPMM
A (polymethyl methacrylate) 等の高分子材料からな
る高分子パターン基板1を作製することができる。こ
こで用いる射出成形技術は、光ディスクの製造に用いら
れているような通常の技術であり、PMMA等の高分子材
料を用いて、6μmの幅で6μmの深さの矩形の溝形状
のパターンをもつようなパターン基板を作製することが
できる。

【0013】次いで、このようにして作製したパターン
基板の溝部1に導波路のコア用の高分子の原料となるポ
リマ前駆体材料を充填して、PMMA等の高分子材料から
なる平面基板をパターン基板の溝部に接するように密
着させた後、紫外線照射等で高分子化させることによ
り、重水素置換されたEGDMA (ethylene glycol dime
thacrylate) 等の高分子材料からなる光導波路のコアを
形成することができる。この後、上記のようにして形成
した光導波路のコアがある面を平面基板に張り合わせ
る。ここで、重水素置換とは、水素を重水素に置換する
ことをいう。

【0014】なお、パターン基板及び平面基板と、光導
波路のコアとは、PMMAと重水素置換されたEGDMA
との組み合わせのように、光導波路のコアの屈折率の
方が高くなるように、それぞれの屈折率が異なる材料を
用いる(PMMAとEGDMAとの組み合わせの場合、
EGDMAの屈折率の方が、PMMAの屈折率より高
い)。

【0015】以上のようにして、図7に示すように、平
面基板2が上部クラッド、パターン基板1が下部クラ
ッドとなり、パターン基板の溝部に形成された高分子材料
がコア8となる高分子光導波路を製造することができ
る。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従
来の高分子光導波路の製造方法により作製した光導波路
は、図8に示すように、平面基板2とパターン基板1と
の間に、コア用の高分子材料の原料がはみ出した状態で
高分子化されてしまい、1〜10μm程度の厚い間隙8
aが生じてしまう。したがって、この間隙8aのため、
この光導波路に光を入射させると、光が間隙8aに漏洩
し、デバイス全体に拡散してしまい、光導波路のコア8

を正常に伝播することができなくなってしまう。この間
隙8aの厚さは、入射させる光の波長や導波路のコアの
屈折率等に依存するが、通常1μm以下でも、損失の原
因となるとされているものである。

【0017】本発明は、上記のような課題を解決するた
めになされたものであって、キャピラリとなる溝のパタ
ーンが形成されたパターン基板のパターン面を平面基板
に密着させてキャピラリを形成して、そのキャピラリに
高分子材料からなるコアを形成した高分子光導波路にお
いて、パターン基板と平面基板との間の間隙を無くし
て、各コア間における光の漏洩がない、光導波路特性に優
れた高分子光導波路の製造方法を提供することを目的と
している。

【0018】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するた
め、本発明では、高分子光導波路の製造方法において、
キャピラリとなる溝のパターンが形成されたパターン基
板のパターン面を平面基板に密着させてその溝によりキャ
ピラリを形成した後、光導波路のコアの原料であるモノ
マ溶液を毛細管現象によりキャピラリに充填させてから、
モノマ溶液を高分子化させている。

【0019】また、本発明では、高分子光導波路の製造
方法において、キャピラリとなる溝のパターンが形成さ
れたパターン基板のパターン面を平面基板に密着させて
その溝によりキャピラリを形成した後、キャピラリの一
方の開口部を封止し、そのキャピラリの内部と光導波路
のコアの原料であるモノマ溶液の周囲とを真空にし、キャ
ピラリの封止していない他方の開口部をモノマ溶液に
浸し、そのモノマ溶液の周囲を真空から大気圧まで徐々
に変化させることによりそのモノマ溶液をキャピラリに
充填させてから、そのモノマ溶液を高分子化させてい
る。

【0020】また、本発明では、高分子光導波路の製造
方法において、キャピラリとなる溝のパターンが形成さ
れたパターン基板のパターン面を平面基板に密着させて
その溝によりキャピラリを形成した後、キャピラリの一
方の開口部を光導波路のコアの原料であるモノマ溶液に
浸し、そのキャピラリの他方の開口部を真空引きするこ
とによりモノマ溶液をキャピラリに充填させてから、そ
のモノマ溶液を高分子化させている。

【0021】

【作用】本発明の高分子光導波路の製造方法によれば、
上記のように光導波路のキャピラリにコアの原料となる
モノマ溶液を毛細管現象により充填させた後、そのモノ
マ溶液を高分子化しているため、従来のもののように、
パターン基板と平面基板との境界面にモノマ溶液が回り
込んで間隙を形成することがない。

【0022】さらに、本発明によれば、光導波路のキャ
ピラリへモノマ溶液を充填させるときに、毛細管現象を
補助するように、キャピラリ内部とモノマ溶液周囲との

(4)

特開平8-160239

5

真空を用いた圧力変化を利用しているため、比較的長いキャピラリや粘度の高い状態でモノマ溶液を充填させるときにでも、速やかに充填工程を行うことができる。

【0023】また、本発明によれば、光導波路のキャピラリへモノマ溶液を充填させるときに、毛細管現象を補助するように、キャピラリの一方の開口部を真空引きして、モノマ溶液を吸入してキャピラリへ充填しているため、比較的長いキャピラリや粘度の高い状態でモノマ溶液を充填させるときにでも、速やかに充填工程を行うことができる。

【0024】したがって、本発明によれば、パターン基板と平面基板との境界に間隙を形成しないので、各コア間の漏洩光によるクロストークがなく光導波特性に優れた高分子光導波路を実現することができる。

【0025】

【実施例】以下、本発明の実施例について、図面を参照して説明する。なお、従来の技術で説明したものと同一構成要素については、同一の符号を用いる。第1の実施例として、光導波路のキャピラリへモノマ溶液を充填させるときに、毛細管現象を補助するように、キャピラリ内部とモノマ溶液容器との真空を用いた圧力変化を利用した高分子光導波路の製造方法について説明する。また、この実施例では、パターン基板及び平面基板の材料としてPMMA (polymethyl methacrylate) を用い、光導波路のコアの材料としてDAI (diallyl isophthalate) を用いている。

【0026】パターン基板は、従来の技術において述べたものと同様にして作製することができるので、本実施例でのパターン基板の作製について、従来の技術の説明に用いた図5を用いて詳細に説明する。まず、図5

(a)のように膜厚が8 μ mのフォトレジスト膜21をシリコン基板20上に形成し、次に、図5(b)に示すように、フォトリソグラフィ技術を用いて溝パターンを転写を行う。即ち、このフォトレジスト膜21にマスク22を密着させて紫外線23を露光すると、マスク22の溝22a、22bのパターンがフォトレジスト膜21に転写される。すると、図5(c)に示すように、キャピラリとなる溝21a、21bのパターンが形成される。ここで、この溝21a、21bの幅も8 μ mとした。

【0027】それから、パターン化されたフォトレジスト膜の表面に、塩化ニッケル(■)の水溶液を用いて電気メッキ法により、図5(d)に示すように、厚さが10 μ mのニッケル製の金属薄板24を形成する。そして、このようにして形成した金属薄板24のパターン面の反対側の平面に、図示しない支持板をエポキシベースの接着剤を用いて接着する。

【0028】最後に、レジスト剥離剤を用いて、フォトレジスト膜21を溶解することにより、金属薄板23をシリコン基板20から分離させると、図5(e)に示す

6

ような、射出成形機に使用可能な8 μ m矩形の凸部25a、25bをもった凸形状のパターンをもった金型25を作製することができる。

【0029】上記のようにして作製した金型25を用いれば、従来の技術で前述したのと同様に、図6のようにして、射出成形技術により高分子材料としてPMMAを用いて、溝形状のパターンをもったパターン基板1を作製することができる。なお、本実施例では、パターン基板1の厚さは、溝がないところで2mmとした。また、図7に2として示した平面基板も、高分子材料としてPMMAを用いて、射出成形技術により作製することができる。本実施例では、2mmのものを射出成形技術により作製した。ここで、PMMAは、射出成形に用いるのに適しており、かつ、光学特性に優れたものである。

【0030】なお、パターン基板1のサイズについて、厚さは前述のとおり2mmとしたが、縦と横の長さは、溝の長さ方向を5cmで、溝の幅方向を2.5cmとし、一方、平面基板の縦と横の長さもパターン基板のサイズと同様に5cm \times 2.5cmとした。

【0031】次いで、上記のようにして作製したパターン基板と平面基板とを密着させる工程について、図1を用いて説明する。図1(a)に示すように、パターン基板1と平面基板2とをクランプ用治具3の内部にセットし、クランプ用治具3によりパターン基板1と平面基板2とを密着させる。すると、パターン基板の溝部が空洞状になりキャピラリ1a、1b、1c、1d、1e、1fが形成される。そして、図1(b)に示すように、パターン基板1と平面基板2とを密着させて形成される四側面のうち、モノマの吸入口となるキャピラリ1a \sim 1fの一方の開口部のある面10aを除いた三側面、側面10b、10c及び図1の紙面の裏面に相当する図示されない面を、エポキシ樹脂等からなる低真空用のシール用樹脂11を用いて封止する。これにより、キャピラリ1a \sim 1fのモノマの吸入口とはならない他方の開口部も封止されたことになる。

【0032】クランプ用治具3は、厚さが5mmのアルミ合金製の2枚の金属板3a、3bと、ネジ3c、3d及び図示されないネジの合計6個のネジから構成される。そして、このクランプ用治具3は、パターン基板1及び平面基板2を曲げたり酸損させることなく、パターン基板1及び平面基板2を密着するのに十分な圧力を与えるように、その周囲を6個のネジを用いて固定するのである。

【0033】なお、パターン基板1及び平面基板2をクランプ用治具3によりクランプする際には、パターン基板1及び平面基板2が歪曲すると、高精度な光導波路を形成することができないので、パターン基板1及び平面基板2が歪曲しないように、均一に圧力を与えるようにクランプしなければならない。

【0034】そして、後述する工程において、クランプ

(5)

特開平8-160239

7

されたパターン基板1及び平面基板2をコア用高分子の原料のモノマ溶液に浸すとき、即ちキャピラリ1a~1fの開口端をモノマ溶液に接触させてモノマをキャピラリ1a~1fに充填するときに、気泡が混入されないように、パターン基板1及び平面基板2の端面10aは、同一平面になるように配置してクランプしなければならない。

【0035】なお、本実施例では、クランプ用治具として、アルミニウム合金からなる金属板とネジから構成されるものを用いたが、これに限定されるものではなく、10

基板を密着させるために圧力をかけるのに水圧応用機構を用いたものなどでもよく、基板の大きさや形状等により適宜に設計されるものである。

【0036】次いで、上記のようにしてパターン基板と平面基板とを密着させたもののキャピラリに、コアの原料であるモノマ溶液を充填する工程について、図2を用いて説明する。上記のようにしてパターン基板1及び平面基板2をクランプ用治具3によりクランプしたものを、図2(a)に示すように、真空室4内の保持具5にセッティングする。ここで保持具5は、クランプ用治具3を上下方向に移動可能な構成になっている。また、真空室4の内部には、5%の過酸化ベンゾイルを含むDAI

【0037】次に、真空室4内を、 10^{-4} Torrの真空度まで真空引きして、DAIのモノマ溶液6に含まれる気体を取り除かれるまで、脱ガス処理を施し、その後、保持具5を用いてクランプ用治具3を下方向に移動させ、図1で示したキャピラリ1a~1fの開口部をDAIモノマ溶液6に浸す。

【0038】それから、真空室4内部を、真空から大気圧まで徐々に変化するようにリークさせると、キャピラリ内部の圧力が、DAIモノマ溶液6の周囲の圧力より相対的に小さくなるので、DAIモノマ溶液6がキャピラリ内部に吸入される。このように、比較的長いキャピラリにモノマを充填させる場合には、毛細現象による効果を補助するように、真空を用いた圧力変化を利用すれば、キャピラリへのモノマの充填工程を行うことができる。

【0039】このようにして、キャピラリ内にDAIモノマ溶液6が充填され、真空室4内が大気圧に達した後、クランプ用治具3を、保持具5から取り外してオープンを用いて85℃の温度で6時間加熱して、DAIモノマ溶液6を高分子化させる。

【0040】ここで、モノマが高分子化されると、その高分子は、パターン基板1と平面基板2との接着剤としても作用するので、光導波路パターンが形成された部分

8

が接着に十分な領域（接着面）となり、クランプ用治具3を取り外しても、パターン基板1及び平面基板2をクランプする必要はなくなる。なお、より細い光導波路パターンの場合には、接着用のダミーパターンを形成することにより、基板の接着に十分な部分（接着面）を光導波路に接触するようにすればよい。

【0041】最後に、以上のようにして作製した高分子光導波路の表面を、 $0.5\mu\text{m}$ 以下のサイズのダイヤモンド含有懸濁液を用いた標準的な研磨機器により、研磨して、シール用樹脂を取り去る。以上のようにして、本発明による高分子光導波路を作製することができる。

【0042】ここで、本発明の高分子光導波路の製造方法に用いる高分子材料の選定について説明する。第1に、高分子光導波路のコアに光を導波させるためには、クラッドとして作用するパターン基板及び平面基板の高分子材料の屈折率は、コアの屈折率が基板の屈折率よりも小さくなければならない。

【0043】第2に、高分子光導波路のコアにおける光結合、即ち光をコアに入射させたりコアからの出射光を取り出ししたりするときに用いる光学部品等との結合において、高分子光導波路の光学特性に大きく影響を受けるので、これを考慮しなければならない。そのため、光導波路の光学特性を表す一つのパラメータとしてN.A.（開口数）がある。このN.A.は、光導波路のコアとクラッドの屈折率により求めることができ、コアの屈折率を n_{core} 、クラッド（基板）の屈折率を n_{clad} とすると、下式で表される。

$$N.A. = \{ (n_{\text{core}})^2 - (n_{\text{clad}})^2 \}^{1/2}$$

例えば、光導波路に光を入射させる光結合を考えた場合、このN.A.は、どれ位の広い角度からの光が光導波路内を導波する光として取り入れられるかを表す指標となり、その値が大きいほど広い角度からの光が光導波路内に取り入れられる。そして、レンズを用いて光導波路に光を入射させる光結合を考えると、レンズのN.A.が光導波路のN.A.より大きければ、光導波路内を導波しない、即ち光導波路内に取り入れられない光の成分が生じるので、光導波路の入射端側のレンズのN.A.を光導波路のN.A.より小さいものを用いる。このように、実際の光デバイスの光学系の設計においては、N.A.が重要なファクタとなる。

【0045】典型的な基板に用いられる高分子材料としては、光学特性に優れ、温度安定性や化学安定性にも優れているPMMA（polymethyl methacrylate）やポリカーボネイト等のようなアクリル高分子がよく用いられるので、実際の光結合に用いる他の光学部品の光学特性に応じて、N.A.とこれらの基板材料の屈折率とを考慮して、コアの屈折率によりコアの高分子材料を選択すればよい。

【0046】第3に、モノマ材料は、光導波路のコアを

(6)

特開平8-160239

9

10

作製するのに液体状態で用いることができるものでなければならず、かつ基板にもちいる高分子材料を溶解させるものであってはいけない。

【0047】また、モノマが高分子化する、即ち重合反応の際に、副生成物を生じないもので、比較的低温（100℃以下）で反応するものが望ましい。

【0048】本実施例では、上記の点を考慮して、パターン基板及び平面基板の材料としてPMMA（polymethyl methacrylate）を用い、光導波路のコアの材料としてDAI（diallyl isophthalate）を用いた。

【0049】本実施例で作製した高分子光導波路では、PMMA高分子の屈折率が1.49であり、DAIの屈折率が1.59であったので、N.A.が0.55であった。

【0050】上記のようにして作製した高分子光導波路のコアの入射端に、倍率が20倍でN.A.が0.4である顕微鏡用対物レンズを用いて、光を入射させて、その高分子光導波路のコアの出射端からの出射光を観察した。ここで、前述のとおり、本実施例で作製した高分子光導波路のN.A.が0.55であったので、入射端における光結合を考慮して、顕微鏡接眼物レンズのN.A.が0.4のものを用いた。この観察結果として、一つのコアの出射端からの出射光を拡大したものを図3に示す。図3からも明らかなように、本実施例において作製した高分子光導波路は、パターン基板1と平面基板2との境界面においてコア8の原料となるモノマ溶液の回り込みがなく間隙を形成することがないので、入射光がその境界面で漏洩することなく、入射光が入射したコア8のみを良好に導波してそのコア8の出射端のみから出射されていた。

【0051】第2の実施例として、上記第1の実施例とは異なり、光導波路のキャピラリへモノマ溶液を充填させるときに、毛細管現象を補助するように、キャピラリの一方の開口部を真空引きして、モノマ溶液を吸入してキャピラリへ充填してものについて説明する。

【0052】パターン基板及び平面基板の作製は、第1の実施例と同様にして作製した。そして、パターン基板と平面基板とを密着させるのに、図1に示したクランプ用治具3を用いてクランプし、第1の実施例と同様に行った。ただし、第1の実施例では、クランプ用治具によりパターン基板と平面基板とをクランプした後、シール用樹脂を用いて三側面の封止をしたが、本実施例では、必要がないので、シール用樹脂を用いた封止は行わなかった。しかし、必要に応じて、図1に示した側面10b、10cのみに、シール用樹脂を用いた封止をしてもよい。また、基板材料やモノマ材料についても、第1の実施例と同様のものを用いた。

【0053】次に、コアの原料であるモノマ溶液のキャピラリへの充填について、図4を用いて説明する。パターン基板及び平面基板をクランプ用治具によりクランプ

したものを、図4に示すように、キャピラリ1a、1bの一方の開口部を、容器7に容れられたモノマ溶液6に浸す。そして、一方の端部が図示しない真空装置に接続された真空引き管15の先端を、モノマ溶液6に浸していないキャピラリの他方の開口部にあてがえば、キャピラリ1a、1bにモノマ溶液を充填することができる。なおここで、図4に示すように、真空引き管の先端に、光導波路の真空引きをする面の全体を覆うような形状のゴム製等のカバー16を取り付けて真空引きすれば、全てのキャピラリを同時に真空引きすることができる。

【0054】この後は、上記第1の実施例と同様にして、キャピラリに充填したモノマを高分子化させた。ただし、本実施例では、シール用樹脂を用いた封止を行わなかったため、第1の実施例で行った光導波路表面の研磨工程は、省略することができる。以上のようにして、第2の実施例における高分子光導波路を作製することができる。

【0055】上記のように第2の実施例において作製した高分子光導波路を用いて、第1の実施例と同条件で、光を入射させて、その出射端から出射される出射光を観察した結果、第1の実施例と同様に図3に示したものと同じ観察結果が得られた。すなわち、パターン基板1と平面基板2との境界面においてコア8の原料となるモノマ溶液の回り込みがなく間隙を形成することがないので、入射光がその境界面で漏洩することなく、入射光が入射したコア8のみを良好に導波してそのコア8の出射端のみから出射されていた。

【0056】なお、上記第2の実施例において、コアの原料となるモノマ溶液の脱ガス工程については説明を省略したが、この工程は、より高精度な光導波路を製造するためには必要な工程である。

【0057】なお、上記第1及び第2の実施例において、パターン基板の溝の数即ちキャピラリの数について、図はあくまでも概念的に示したものであり、これらに限定されるものではない。また、キャピラリの形状についても、上記実施例に限定されるものではなく、直線上的ものばかりでなく、曲線部を有するようなキャピラリでもかまわない。

【0058】また、上記第1及び第2の実施例では、キャピラリに充填したモノマを加熱することにより高分子化させたが、これに限定されるものではなく、紫外線を照射することにより高分子化させるなど、用いるモノマ材料によって適宜選定されるものである。

【0059】

【発明の効果】以上のように、請求項1に記載の発明によれば、光導波路のキャピラリにコアの原料となるモノマ溶液を毛細管現象により充填させた後、そのモノマ溶液を高分子化して高分子光導波路を製造するので、従来のもののように、パターン基板と平面基板との境界面に

(7)

特開平8-160239

11

モノマ溶液が回り込んで隙隙を形成することがない。したがって、この基板の境界面において、それぞれのコアからの漏洩光が発生してクロストークを生じることなく、入射光を正確に導波させることができる。また、基板を射出成形技術を用いて作製できるので、曲線を有するコアや、他のデバイス用部品を同じ一回の射出成形工程で一体化させて作製できるなど、様々な形状の設計に対応でき、設計の自由度が非常に高く、かつ光導波路特性に優れた光導波路を実現することが可能となる。

【0060】さらに、請求項2及び請求項3に記載の発明によれば、光導波路のキャピラリへモノマ溶液を充填させるときに、毛細管現象を補助するように、キャピラリ内部とモノマ溶液周囲との真空を用いた圧力変化を利用しているので、比較的長いキャピラリや粘度の高い状態でモノマ溶液を充填させるときにでも、速やかに充填工程を行うことができるので、非常に生産性に優れた光導波路を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による第1の実施例のパターン基板と平面基板との密着工程を及び封止工程を示す図である。

【図2】本発明による第1の実施例のコアの原料のモノマ溶液をキャピラリに充填する工程を示す図である。

【図3】本発明により作製した高分子光導波路の出射端からの出射光の観察結果を示す図である。

【図4】本発明による第2の実施例のコアの原料のモノマ溶液をキャピラリに充填する工程を示す図である。

【図5】高分子光導波路を構成するパターン基板を作製*

* するための金型の製造工程を示す図である。

【図6】高分子光導波路を構成するパターン基板を金型を用いて作製する工程を示す図である。

【図7】従来の高分子光導波路の製造方法の製造工程を示す図である。

【図8】従来の高分子光導波路の製造方法により製造した高分子光導波路のコアの出射端の拡大図である。

【符号の説明】

1 パターン基板

1a, 1b, 1c, 1d, 1e, 1f キャピラリ

2 平面基板

3 クランプ用治具

4 真空室

5 保持具

6 モノマ溶液

7 容器

8 コア

11 シール用樹脂

15 真空引き管

16 カバー

20 シリコン基板

21 フォトリソ膜

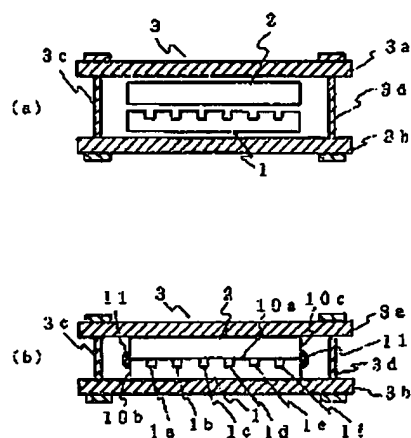
22 マスク

23 紫外線

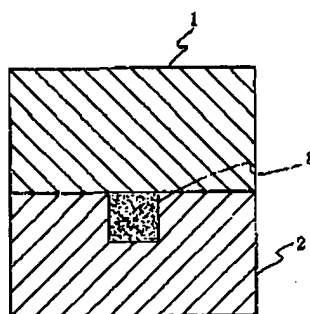
24 金属薄板

25 金型

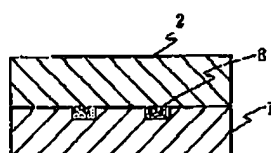
【図1】



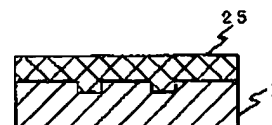
【図3】



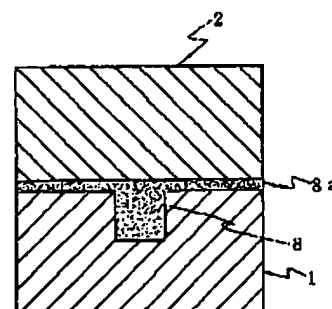
【図7】



【図6】



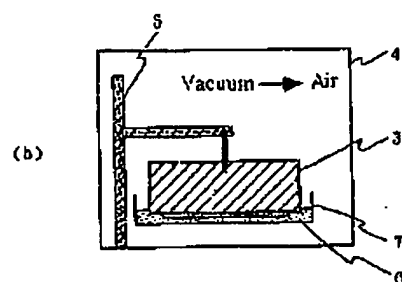
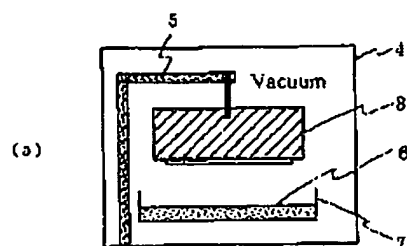
【図8】



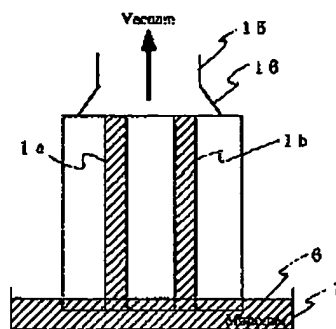
(8)

特開平8-160239

【図2】



【図4】



【図5】

